HNSJ Humanities & Natural Sciences Journal
ISSN: (e) 2709-0833
www.hnjournal.net

مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية
مجلة علمية محكمة (التصنيف: NSP)
معامل التأثير للعام 2022 = 4.91

عنوان البحث

المركبات الفينولية في النباتات: استخلاصها، تحليلها و النشاط الحيوي لها

شهد عبد الكريم[1]، سوسن علي حميد الحلفي[1]، سحر صبيح جورج[1]

[1] قسم علوم الاغذية\ كلية الزراعة \ جامعة البصرة\ العراق

بريد الكتروني: sawsan.hameed@uobasrah.edu.iq

HNSJ, 2024, 5(8); https://doi.org/10.53796/hnsj58/17

تاريخ النشر: 2024/08/01م تاريخ القبول: 2024/07/22م

المستخلص

المركبات الفينولية فئة كبيرة و متنوعة من المركبات الكيميائية الموجودة في النباتات و يمكن تصنيفها الى عدة أنواع اعتماداً على هيكلها الكيميائي ووظائفها منها الفينولات و الأحماض الفينولية و التانينات و الأنثوسيانينات و وتستخلص المركبات الفينولية باستعمال تقنيات مختلفة منها الاستخلاص الكيميائي و الاستخلاص بالموجات فوق الصوتية و الاستخلاص بالمايكرويف و الاستخلاص بطريقة السوائل فوق الحرجة و من افضل الطرق هي الاستخلاص بالمايكرويف و كونها طريقة صديقة للبيئة و تقلل من استعمال المذيبات الكيميائية الضارة .وتشخص المركبات الفينولية باستعمال تقنيات عديد منها السبكتروفوتوميتر و تقنية كروماتوغرافيا العاز المتصل بمطياف الكتلة GC/Mas و التي تستعمل لتحليل المركبات الفينولية المتطايرة وتقنية كروماتوغرافيا السائل عالي الأداء HPLC تستعمل لفصل و تحديد المركبات. و للمركبات الفينولية مجموعة واسعة من الفعاليات الحيوية منها مضادة للأكسدة و مضادة للالتهابات و مضادة للميكروبات و السرطان والامراض الاخرى. كما تستخدم المركبات الكيميائية بشكل واسع في الصناعات الغذائية و ذلك كمضادات اكسدة طبيعية لزيادة مدة صلاحية المنتجات الغذائية و كمواد حافظة للحفاظ على اللون و النكهة و الجودة الغذائية .

الكلمات المفتاحية: المركبات الفينولية , ,مضادات الاكسدة , طرق الاستخلاص , التطبيقات في الأغذية

RESEARCH TITLE

PHENOLIC COMPOUNDS IN PLANTS: EXTRACTION, ANALYSIS AND BIOLOGICAL ACTIVITY

Shahad Abdul Karim[1] , Sawsan Ali Hamid Al-Hilifi[1] , Sahar Sabih George[1]

[1] 1Department of Food Sciences, College of Agriculture, University of Basra, Iraq
Corresponding author: e-mail: sawsan.hameed@uobasrah.edu.iq (S. A. A). ORCID:0000-0002-4857-8157.

HNSJ, 2024, 5(8); https://doi.org/10.53796/hnsj58/17

Published at 01/08/2024 **Accepted at 22/07/2024**

Abstract

Phenolic compounds are a large and diverse class of chemical compounds found in plants. They can be classified into several types based on their chemical structure and functions, including phenols, phenolic acids, tannins, and anthocyanin. Phenolic compounds are extracted using various techniques, including chemical extraction, ultrasonic extraction, and microwave extraction. Extraction is done using the supercritical fluid method, and one of the best methods is microwave extraction, as it is an environmentally friendly method and reduces the use of harmful chemical solvents. Phenolic compounds are diagnosed using several techniques, including spectrophotometry and gas chromatography connected to a mass spectrometer (GC/Mas), which is used to analyze phenolic compounds. Volatile compounds and high-performance liquid chromatography (HPLC) are used to separate and identify compounds. Phenolic compounds have a wide range of biological activities, including antioxidant, anti-inflammatory, anti-microbial, anti-cancer and other diseases. Chemical compounds are also widely used in the food industry as natural antioxidants to increase the shelf life of food products and as preservatives to maintain color, flavor and food quality.

Key Words: phenolic compounds; antioxidants; extraction methods; applications in foods

المقدمة

تعد المركبات الفينولية من المنتجات الثانوية للفواكه و الخضروات التي تستخلص بطرق مختلفة لاستعمالها كمواد معززة لصحة المفرد و مواد حافظة طبيعية و كما تعمل على تقليل الهدر الحاصل في الفواكه و الخضروات Castillejo and Martínez-Zamora, 2024). تعتبر القشور من النواتج الثانوية الرئيسية للفواكه اثناء المعالجة والتي تحتوي على كميات كبيرة من المركبات الفعالة(Gómez-García *et al.*,2021). تستخرج المستخلصات النباتية من مصادر متنوعة مثل النباتات العطرية والفواكه و الأوراق و البذور و التوابل و مضادات أكسدة طبيعية يمكن تطبيقها في حفظ اللحوم و منتجاتها لأنها يمكن أن تؤخر أو تعيق أو تمنع أكسدة الدهون والبروتين عن طريق منع تفاعلات السلسلة التأكسدية ويمكن أن تطيل العمر الخزني لهذه المنتجات(Munekata *et al.*,2020; Domínguez *et al.*,2020) .

ان النشاط المضاد للأكسدة للمستخلصات النباتية يرتبط بوجود المركبات الفينولية وامتلاكها خاصية الكبح Redox التي تجعلها قادرة على كبح نشاط الجذور الحرة المتكونة بفعل الاكسدة الذاتية Auto oxidationللزيوت والدهون وقابليتها لمنح الهيدروجين فضلاً عن خاصيتها كمواد كلابية مخلبية Chelating Agent مع الفلزات وقدرتها على تثبيط نشاط بعض الإنزيمات (Pateiro *et al.*,2020; Cheng *et al.*,2020).

لذا ازدادت الرغبة في الحصول على مضادات اكسدة و ميكروبية طبيعية لغرض استعمالها كمواد حافظة في الأغذية اذ تحتوي معظم المستخلصات النباتية على نسبة عالية من المركبات الفينولية ذات النشاط المضاد للميكروبات ضد مجموعة متنوعة من الاحياء المجهرية المسببة للأمراض مثل البكتيريا السالبة والموجبة لصبغة كرام (György *et al.*, 2008 ; Bouarab Chibane *et al.*, 2019 ; Hejna *et al.*, 2021) . و كان الهدف من هذه المقالة تقديم نظرة شاملة حول المركبات الفينولية في النباتات و وصف طرق مختلفة لاستخلاصها بما في ذلك الطرق التقليدية و التقنيات الحديثة و استعراض أساليب و تقنيات تحليلية مختلفة لتحديد و قياس المركبات الفينولية المستخلصة مثل تقنية GC/Mas و HPLC و كذلك تقديم الفوائد الصحية و النشاطات الحيوية للمركبات الفينولية كمضادات للأكسدة و المضادات للميكروبات و تأثيراتها على الصحة العامة و استخدام هذه المركبات في مجالات صناعات الأغذية .

تصنيف المركبات الفينولية

تعتبر المركبات الفينولية عبارة عن نواتج ايضية ثانوية توجد في الانسجة النباتية كالزهور والبذور والجذور والأجزاء الصالحة للأكل و تساهم المركبات الفينولية في نظام حماية النبات وتكيف النبات مع البيئة و كذلك لها دور في تحديد الصفات الحسية للفواكه والزهور والخضروات و تعد المركبات الفينولية من المركبات الفعالة والنشطة اذ تمتلك خصائص عديدة منها مضادة للأكسدة والمضادة للالتهابات والأورام والمضادة للميكروبات ويتكون التركيب الكيميائي للمركبات الفينولية من حلقة عطرية واحدة مع مجموعة هيدروكسيل واحدة أو أكثر وحسب عدد وترتيب ذرات الكربون يتم تصنيف المركبات الفينولية إلى أحماض فينولية وفلافونويدات والتانينات ، واللغنين وستلبينينات فينولية (Rocchetti *et al.*, 2022).

الفلافونيدات

الفلافونيدات عبارة عن صبغات ذائبة في الماء توجد في النباتات وهي مسؤولة عن تلوين العديد من الفواكه والخضروات بألوانها الجذابة اذ تتراوح الصبغة من الاصفر إلى الأحمر و الأرجواني و الأزرق و الفلافونويدات المسؤولة عن اللون الاصفر هي الكالكونات والاورونات وبعض الفلافونولات مع الكاروتينات بشكل رئيسي في أنواع الزهور و أكثر

الصبغات الفلافونويد الطبيعية شيوعًا هي الأنثوسيانين المسؤولة عن معظم الألوان الطبيعة (البرتقالية والحمراء و الأرجوانية) (Giusti *et al.,* 2023).

ان التركيب الأساسي للفلافونيدات عبارة عن سلسلة من المركبات التي تحتوي على ثنائي فينيل بروبان (C6 – C3 – C6) كهيكل أساسي وحلقتين عطريتين متصلتين ببعضهما البعض من خلال الجسر المركزي لذرة الكاربون C3 لذلك يعتمد التنوع في المركبات الفلافونيدات على ذرة الكاربون الوسطى C3 الغير متماثلة Heterocyclic من حيث اكسدتها واشباعها (Zhang *et al.,* 2022) .

الفينولات و الاحماض الفينولية

الفينولات و الأحماض الفينولية هي احد المنتجات الايضية الثانوية و تنتشر على نطاق واسع في جميع أنحاء المملكة النباتية اذ يشمل مصطلح الفينولات ما يقرب 8000 مركب طبيعي و تكون مشتركة بصفه هيكلية وهي الفينول (حلقة عطرية تحمل بديل هيدروكسيل واحد على الأقل) و على هذا الأساس تم تصنيف الفينولات إلى مركبات فينولية بسيطة اذ تمتلك المركبات الفينولية وحدتين فرعيتين من الفينول اما الأحماض الفينولية الموجودة بشكل طبيعي تحتوي على هيكلين كربونيين مميزين: هيكل الهيدروكسيسيناميك (Xa) والهيدروكسي بنزويك (Xb) في حين جزيئة الفينولات البسيطة تحتوي على حلقة بنزين ترتبط بها مجموعة او اكثر من مجاميع الهيدروكسيل (OH)(Zhang *et al.,* 2022).
تعد الفينولات ثاني أكبر مجموعة من مركبات الايض الثانوية في النباتات اذ تبلغ نسبتها 45% وهي من المركبات الفعالة بيولوجيا التي لها دور في المحافظة على صحة المستهلك اذ تكون بمثابة حلقة وصل بين الصناعات الغذائية والصيدلانية (Nwozo *et al.,* 2023).

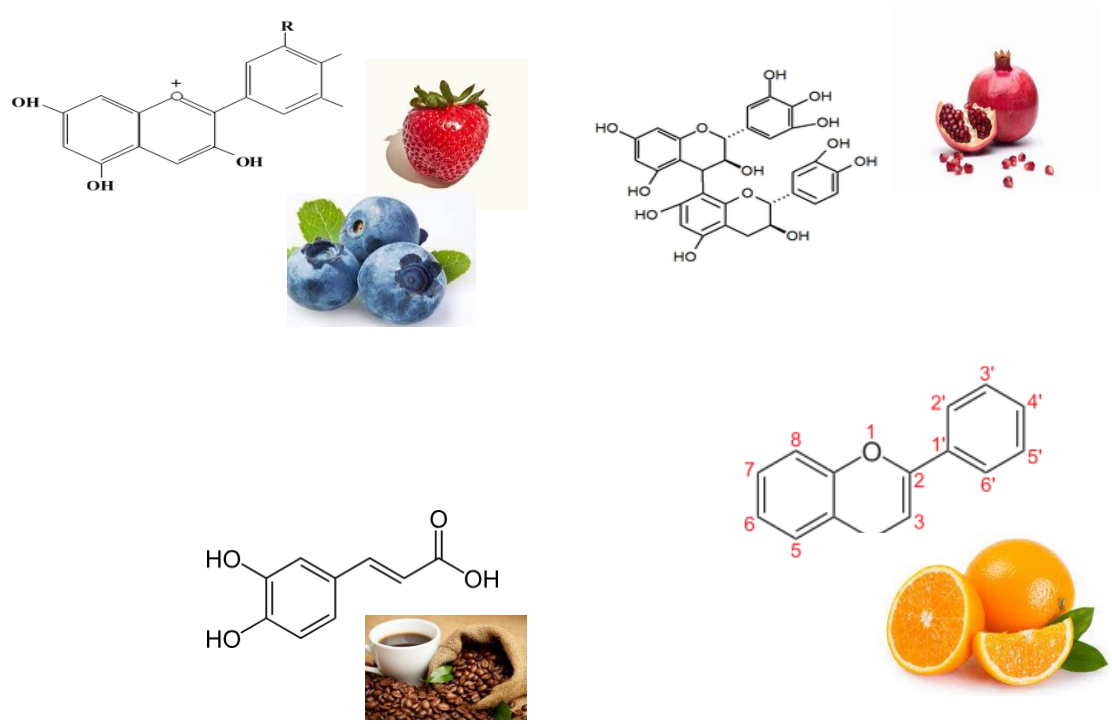
التانينات

تعتبر التانينات احد المركبات الفينولية التي تتواجد على نطاق واسع في النباتات وهي من المواد المعقدة تعتمد خصائصها المفيدة على تركيبها الكيميائي و تركيزها و عوامل أخرى و تقسم التانينات الى مجموعتين التانينات المتحللة بالماء و التانينات المكثفة (Tong *et al.,* 2022). تتكون التانينات المتحللة من الوحدات الأساسية للمركبات الفينولية بأوزان جزيئية تتراوح 500–3000 دالتون ما التانينات المكثفة هي عبارة عن مركبات فلافونويدية اوزانها الجزيئية 1000–20000 دالتون و لا تتبلمر الا بأكاسيد و الاحماض قوية و لا تتحلل بسهولة الا بواسطة الانزيمات (McSweeney *et al.,*2001). ان محتوى التانينات و التركيب الكيميائي يختلفان باختلاف أنواع النباتات و مراحل وظروف النمو من درجة حرارة و ضوء و المواد المغذية (Li *et al.,*2014 ; Jin *et al.,*2012). لذا صنفت التانينات الى اربع فئات رئيسية وفقاً لتركيبها الكيميائي(Khanbabaee and Van Ree , 2001) . المركبات التاتينية منتشرة بشكل واسع في المملكة النباتية و خاصة في الأعشاب و الشجيرات و الحبوب و تتواجد ايضاً في العديد من الفواكه مثل الموز و التفاح و العنب–Figueroa ;Berard *et al.*,2011; Kyamuhangire *et al.*,2006) Espinoza *et al.*,2015).

لاقت التانينات الكثير من الاهتمام في السنوات الأخيرة اذ اجرى العديد من الباحثين دراسات حول فعالية التانينات كمضادات للأكسدة وذلك لفعاليتها العالية و دورها الفعال في الوقاية من امراض القلب و الاوعية دموية و السرطان و هشاشة العظام(Squillaro *et al.,*2018 ; Lall *et al.,*2015)

الأنثوسيانينات

تعد الأنثوسيانينات من الصبغات الذائبة في الماء و تنتج في سيتوبلازم النباتات اذ تنتشر في النباتات مثل الفواكه و الخضروات و تعطي الواناً زاهية لأعضاء النباتات المختلفة و خاصة الزهور و الفواكه و تعمل الأنثوسيانينات على حماية النباتات من المؤثرات الحيوية و غير الحيوية و تمتلك خاصية مضادة للأكسدة لقدرتها على التخلص من الجذور الحرة و هذه الخاصية توفر العديد من الفوائد الصحية للمستهلك.(Kelly *et al.*,2017; Bendokas *et al.*,2020). تنتمي الانثوسيانينات الى المركبات الفلافونويدات و جميع الانثوسيانينات الطبيعية توجد على شكل كلايكوسيدات هناك ستة أنواع من الانثوسيانينات تتواجد في النباتات هي delphinidin 3–O–glucosides و cyanidin 3–O–glucosides و pelargonidin 3–O–glucosides و peonidin 3–O–glucosides و petuni din 3–O–glucosides و malvidin 3–O–glucosides ويتغير لون الانثوسيانينات اعتماداً على الرقم الهيدروجيني و المركبات عديمة اللون و الايونات المعدنية (Pei et al.,2024).



شكل (1) اهم انواع المركبات الفينولية

جدول (1) المركبات الفينولية المتواجدة في بعض النباتات

ت	النباتات	المركبات الفينولية	الصيغة البنائية	المصدر
.1	الحنطة السوداء	Protocatechuic acid	C7H6O4	Watanabe *et al.*,1997
		3,4−Dihydroxybenzaldehyde	C7H6O3	
.2	الشاي الأسود	Chlorogenic acid	C16H18O9	Margreet *et al.*, 2001
.3	اللوز	Chlorogenic acid	C16H18O9	Takeoka and Dao, 2002
		4−O−Caffeoylquinic acid	C16H18O9	
.4	قشورالجوز المجفف	4−Hydroxybenzoic acid	C7H6O3	Dey *et al.*,2003
		ferulic acid	C10H10O4	
.5	القهوة	Caffeic acid	C9H8O4	Ilhami, 2006
.6	الباذنجان	Vanillic acid	C8H8O4	Shaoli *et al.*, 2011
.7	الفلفل الأحمر	Apigenin	C15H10O5	Silva *et al.*,2022
.8	البصل	Kaempferol	C15H10O6	Silva *et al.*,2022
.9	الشاي الأخضر	Epicatechin	C15H14O6	Silva *et al.*,2022
10	الكرز	Cyanidin	C15H11O6	Silva *et al.*,2022
11	فول الصويا	Gynestein	C15H10O5	Silva *et al.*,2022
12	الطحالب البحرية	Bromophenol	C19H10Br4O5S	Sadeghi *et al.*,2024

طرق الاستخلاص:

الكيميائية

تعد طريقة الاستخلاص الكيميائية احدى طرق الاستخلاص للمركبات الفعالة من مصادرها الطبيعية و يكون الاستخلاص اما (صلب –سائل) او يسمى بالنقع و تعتمد هذه الطريقة على استعمال المذيب الذي له تأثير مباشر على المواد الاستخلاص فان طبيعة المذيب المستخدم في الاستخلاص تعتبر مهمة لتعزيز ذوبانية المركبات (Lefebvre *et al.*,2021) .و يعتمد اختيار المذيب على معرفة الخصائص الكيميائية التي تشكل أساس التفاعلات بين المذيب و المركبات و ان اختيار المذيب المناسب يحقق اقصى كمية حاصل للمركبات المستهدفة و هناك مقايس تساعد على اختيار المذيب المناسب بالاعتماد على خصائص المذيب و المركبات الكيميائية مثل مقياس 'Rohrschneider P و الذي يستعمل لتحديد قطبية المذيب اذ يصف مدى قدرة الجزيئات على الذوبان في الماء او الالكانات (Lesellier,2015).

الموجات فوق الصوتية

الاستخلاص بالموجات فوق الصوتية هو تقنية تستعمل موجات تتراوح ترددتها بين 20كيلوهرتز−100 ميكاهرتز و هذه الموجات تتجاوز حدود السمع البشري و تسبب ضغطاً و تمدداً في وسطها مما يؤدي الى ظاهرة التجويف Cavitation اذ تنشأ فقاعات صغيرة و تتوسع ثم تنفجر بسرعة كبيرة و هذه العملية تولد كميات كبيرة من الطاقة نتيجة

تحويل الطاقة الحركية الى حرارة (Azmir *et al.,*2013) . تعتمد هذه الطريقة على درجة حرارة 5000كلفن و ضغط 1000 جو و معدلات التسخين و التبريد تتجاوز 1010 كلفن /ثانية و المواد الصلبة التي تحتوي على السوائل مثل العينات النباتية اذ تعمل طاقة الموجات فوق الصوتية على استخلاص المركبات العضوية و غير العضوية من النباتات و تعزز هذه الطريقة عمليات نقل الكتلة و يسرع من اختراق المذيب الخلايا النباتية مما يؤدي الى زيادة كفاءة الاستخلاص (Herrera and De Castro,2005)

المايكرويف

تعتبر طريقة الاستخلاص بالمايكرويف من الطرق الحديثة لاستخلاص المركبات القابلة لذوبان في سائل اذ تتراوح الاطوال الموجية للمايكرويف 1سم$^{-1}$ –1م$^{-1}$ و تعمل في نطاق 300 ميكا هيرتز –300 كيكا هيرتز ضمن الطيف الكهرومغناطيسي للضوء و تعمل هذه الموجات كموجات حاملة للطاقة و المعلومات من خلال حقلين متوازيين متذبذبين و يكونان متعامدين أي حقل كهربائي و حقل مغناطيسي و يعتمد مبدأ الاستخلاص باستعمال الميكروويف على تأثيراته المباشرة على المواد القطبية و ايضاً على استعمال الماء او الكحول كمذيبات تحت ضغط معين و درجة حرارة مرتفعة اذ تزاد فعالية استخلاص المركبات الفعالة من المواد النباتية و تعتبر هذه الطريقة صديقة للبيئة لأنها تقلل من استعمال المذيبات الكيميائية الضارة (Azmir *et al.,*2013;Lefebvre *et al.,*2021; Ghenabzia et al.,2023).

طريقة السوائل فوق الحرجة Supercritical Fluid Extraction

استعملت السوائل فوق الحرجة لغرض الاستخلاص منذ ان اكتشفها Hannay and Hogarth (1879) بعد ذلك تم استعمالها في التطبيقات البيئية والصيدلانية وتطبيقات البوليمرات وتحليل الأغذية وقد استعملت هذه التقنية في عدة صناعات وخاصة في صناعة تحضير القهوة منزوعة الكافيين (Azmir *et al.,*2013). و تستخدم السوائل فوق الحرجة كمذيب استخلاصي لفصل المكونات مثل غاز ثنائي أكسيد الكاربون الذي يحتوي على عدة فوائد و تشمل نقطة غليان منخفضة (31مْ) و ضغط حرج منخفض بالإضافة الى ذلك انه رخيص الثمن و امن و متوفر بكثرة في الطبيعة و على الرغم من غاز ثنائي أكسيد الكاربون من المذيبات المفضلة لهذه التقنية الا انه يواجه عدداً من القيود المتعلقة بالقطبية اذ تعتبر قطبية المذيب مهمة لاستخلاص المركبات القطبية (Chhipa and Sisodia, 2019; Ghenabzia *et al.,*2023).

طرق الشخيص

–السبكتروفوتوميتر

يعتبر السبكتروفوتوميتر احدى طرق تشخيص المركبات الفينولية و يتم عبر عدة طرق و تقنيات و التي تعمل على الكشف الكمي و النوعي للمركبات الفينولية في عينات مختلفة ومن اكثر الطرق شيوعاً هي طريقة Folin–Ciocalteu لقياس تركيز الفينولات الكلية بو اسطة المنحنى القياسي لحامض الكاليك و تعتمد هذه الطريقة على تفاعل الفينولات مع كاشف Folin–Ciocalteu لإنتاج اللون الأزرق والذي يمكن قياسه بواسطة السبكتروفوتوميتر اذ تقاس الامتصاصية عند طول موجي 760 نانومتر .(Zugazua–Ganado *et al.,*2024)

تشخيص المركبات الفعالة بتقنية كروماتوغرافيا العاز المتصل بمطياف الكتلة(GC–Mass)

Gas Chromatography Spectrometry Mass

كروماتوغرافيا الغازية هي تقنية مفيدة تستعمل لفصل وتحديد وتقدير بعض المركبات الفينولية في المستخلصات النباتية مثل التانينات و الفلافونويد و الأنثوسيانين و يتم فصل المركبات باستعمال درجة حرارة مناسبة لكل مركب و تعتمد هذه التقنية على طورين الطور متحرك غاز خامل (الهليوم) و الطور الثابت عمود الفصل اذ يتم تمرير العينة عبر عمود الفصل الساخن اذ يتم تقسيمها بين غاز خامل تحت الضغط وطبقة رقيقة من سائل غير متطاير مغطى بمادة خاملة داخل العمود (المالكي ,2016).استعملت تقنية GC–mass لتشخيص المركبات الفعالة الموجودة في الأدوية التقليدية والنباتات الطبية و أثبتت ان هذه التقنية قيمة لتحليل المركبات غير القطبية و الزيوت الأساسية المتطايرة و الأحماض الدهنية، والدهون، والقلويدات وغيرها (Franchina *et al.*, 2021; Prakash,2023).شخص Thamer and Thamer (2023) المركبات الفعالة الموجودة في الزيت بذور الحنظل بتقنية GC–mass فوجد أن المركبات الرئيسية لمستخلص الزيت هي الكارتونيات والفينول والإسترات و إستيروييدات.

–تشخيص المركبات الفعالة بتقنية كروموتوغرافيا السائل عالي الأداء HPLC

High–performance liquid chromatography

تعد تقنية كروموتوغرافيا السائل عالي الأداء من التقنيات المستخدمة لفصل وتحديد المواد المذابة العضوية وغير العضوية في العينات مختلفة اذ يتم الفصل المركبات على أساس تفاعلاتها مع الجسيمات الصلبة المعبأة في العمود بأحكام والتي تمثل الطور الثابت و مذيب الطور المتحرك وتعد تقنية HPLC مفيدة للمركبات التي لا تتأثر بالحرارة العالية (Ingle *et al.*, 2017). حلل Cruz *et al.*(2016) المركبات الفينولية في المستخلص المائي للهانة الحمراء بتقنية RP–HPLC لاحظوا ان المستخلص الهانة المائي يحتوي على 7 مركبات قينولية و تشمل (Epicatechin و Gallicacid و Gallocatechin و Epigallocatechin و Caffeicacid وCinnamicacid و Dicaffeoylquinicacid). درس Cuong *et al.*(2022) تحليل المركبات الفينولية الى اجزاء مختلفة من الهانة المجففة بالهواء الساخن و المجفف بالتجميد بتقنية HPLC وجدوا انها تحتوي على 11 مركب من الفينولات و الفلافونيدات في كلتا الطريقتين و لاحظوا ان هذه المركبات وفيرة في الأوراق الخارجية مقارنة بأوراق الداخلية و لكن كانت كمية Qurcetine اعلى في الأوراق اللهانة الداخلية لكل من اللهانة المجفف بالتسخين و المجفف بالتجميد في حين اكتشفوا ان مركب Myricetin و المركب Epicatechin توجد فقط في الأوراق الهانة الخارجية و ان حامض الكلوروجينيك محتوى اعلى في الأوراق الهانة الخارجية مقارنة بالأوراق الهانة الداخلية.

تطبيقات المركبات الفينولية

–المركبات الفينولية كمضادات اكسدة

تعرف مضادات الاكسدة بأنها جزيئات مستقرة قادرة على تأخير او منع اكسدة الجزيئات الأخرى لامتلاكها القدرة على منح الكترون لأي جذر حر ليوقف نشاطه وهي مركبات كيميائية في حالة تواجدها في أي نظام غذائي بتراكيز منخفضة فإنها تؤدي الى تأخير ظهور الاكسدة و بآليات مختلفة و متعددة منها إزالة الجذور الحرة وكذلك هي المركبات التي تستخدم في حفظ الغذاء و تأخير تلفه و فساده كما تعرف مضادات الاكسدة من الناحية التغذوية بانها مركبات يمكن ان تضاف إلى الاغذية باقل تركيز تؤدي الى اعاقة او منع أكسدة المركبات الحيوية مثل الكربوهيدرات الدهون

وبالأخص غير المشبعة (Xu *et al.*, 2017;Jafri *et al.*,2022) ان الاكسدة تؤدي الى بدأ سلسلة التفاعلات الكيميائية بإنتاج الجذور الحرة التي تسبب تلف الخلايا والاصابة بالعديد من الأمراض لذلك ازداد الاهتمام بمضادات الاكسدة وخاصية الطبيعية التي لها دور رئيسي في التخلص من الأضرار التي تسببها الجذور الحر (Nwozo *et al.*, 2023; Attasih *et al.*,2024)

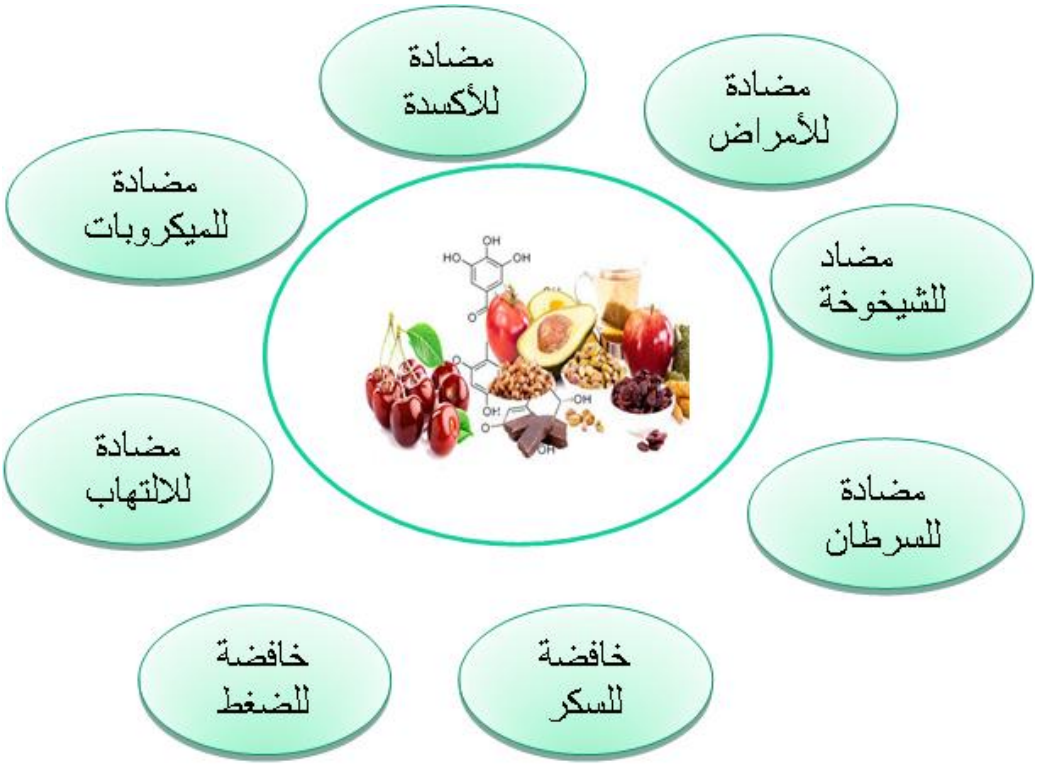
ان اهم مصادر مضادات الاكسدة الطبيعية هي الأغذية والنباتات مثل الفواكه و الخضروات و الحبوب و الزهور و التوابل و لأعشاب الطبية و توجد في النباتات على شكل فيتامينات و الفينولات و فلافونويد و أنثوسيانين و معادن و تعتبر مهمة في الوقاية من الأمراض اذ تعمل على إنهاء التفاعلات الكيميائية المتسلسلة عن طريق إزالة الجذور الحرة (Baiano and del Nobile 2016; Pudžiuvelytė *et al.*,2020; Yeshi *et al.*,2022; Rahaman *et al.*,2023). درس Silva *et al.* (2020) تأثير طرق الاستخلاص ونوع المذيبات على النشاط المضاد للأكسدة لمجموعة من النباتات اذ امتلكت المستخلصات المائية والكحولية لليمون اعلى محتوى من المركبات الفينولية والفلافونيدية و التي لها فعالية عالية كمضادة للأكسدة. وهذا ما ذكره ايضا Balant *et al.* (2018) عند تقديرهم للفعالية المضادة للأكسدة لمستخلصات الثوم والبصل والنعناع فقد تأثرت الفعالية بنوع المذيب وظروف وطريقة الاستخلاص. وفي دراسة قام بها Sasikumar *et al.*(2020) لتقدير المحتوى الفينولي و الفلافونيدي والفعالية المضادة للأكسدة لمجموعة من التوابل ذكروا وجود اختلاف في الخصائص المضادة للأكسدة بين التوابل المدروسة .

-المركبات الفينولية كمضادات ميكروبية

أصبحت البكتريا في السنوات الأخيرة اكثر مقاومة للمضادات الحيوية وذلك لكثرة استعمالها علاج الامراض و الالتهابات البكتيرية صعبة العلاج لذلك اصبح من الضروري البحث عن عوامل جديدة مضادة للميكروبات منها النباتات الطبية وغيرها (Mogana *et al.*, 2020). تحتوي المستخلصات النباتية على كميات كبيرة من المركبات الفعالة بيولوجيا وخاصة المركبات الفينولية التي تعمل على تثبيط نمو الاحياء المجهرية و خاصة البكتيريا و ذلك من خلال تغير شكلها اذ تسبب ضرر لجدران الخلايا وتؤثر على تكوين الأغشية الحيوية كذلك يؤثر المركبات الفينولية على التخليق الحيوي للبروتين وتؤثر على عمليات التمثيل الغذائي في خلايا البكتيريا وتمنع تخليق ATP والحامض النووي لذلك تعد المستخلصات النباتية افضل بديل للمواد الحافظة الكيميائية (Bouarab Chibane *et al.*, 2019;Efenberger-Szmechtyk *et al.*, 2021). ازدادت الرغبة في الحصول على مضادات ميكروبية طبيعية لغرض استعمالها كمواد حافظة في الأغذية اذ تحتوي معظم المستخلصات النباتية على نسبة عالية من المركبات الفينولية ذات النشاط المضاد للميكروبات ضد مجموعة متنوعة من الاحياء المجهرية المسببة للأمراض مثل البكتيريا سالبة والموجبة لصبغ جرام (György *et al.*, 2008 Bouarab Chibane *et al.*, 2019 ; Hejna *et al.*, 2021). درس Kozłowska *et al.* (2022) الفعالية التثبيطية لبعض المستخلصات النباتية اذ لاحظوا تثبيط مجموعة من السلالات البكتيرية منها بكتريا *Escherichia coli* التي كانت اكثر حساسية اتجاه مستخلص المليسة *Melisa officinalis L.* بتركيز 0.125mg/mL اما بكتريا *Acinetobacter baumannii* و *Bordetella bronchiseptica*كانت حساسة للمستخص عشبة *Geum urbanum L.* بتركيز 0.125 mg/ml في حين كانت بكتريا *Enterococcus faecalis* هي الأكثر حساسية للمستخلص *Geum urbanum L.* بينما كانت بكتريا *Staphylococcus aureus* و*Staphylococcus epidermidis* حساسة للمستخلص عشبة *Cistus incanus L.* بتركيز 0.125 mg/ml.

مضادات للسرطان والضغط والسكر

ان لنباتات الطبية دور أساسي في التنمية البشرية فقد اثبت الدراسات الحديثة ان للنباتات مركبات ذات خصائص وظيفية تعالج و تمنع بعض الامراض المزمنة (Fernandes *et al.,* 2023). تعد النباتات من المصادر الغذائية الغنية بالعناصر الغذائية و الالياف و المركبات الفعالة مثل حامض الاسكوربيك و الكاروتينات و المركبات الفينولية التي له فوائد صحية لأنها فعالة كمضادات للأكسدة (Ozcan *et al.,*2014). تعد الأغذية النباتية التي تحتوي على نسبة عالية من مركبات الفعالة مثل التوت و العنب و الطماطم لها فوائد صحية عديده منها التحكم في ارتفاع سكر الدم في مراحل المبكرة لمرض السكري من النوع الثاني وذلك من خلال قدرتها على تثبيط امتصاص الاميليز وفي معالجة امتصاص الكربوهيدرات كذلك تعد المركبات الفينولية المتمثلة بالأحماض الفينولية و الفلافونيدات ضرورية لأنها تقلل من بعض الامراض المزمنة مثل مرض السكري و السرطانات و امرض القلب و الاوعية الدموية و ذلك لأنها تعمل كمضادات للشيخوخة و للالتهابات و مضادات للأكسدة و السرطانات (Lin *et al.,*2016). يعد Quercetin احدى المركبات الفلافونيدية التي لها فعالية بيولوجية عالية كمضادات للأكسدة و مضادات للالتهابات و مضادات للسرطانات مثل سرطان الكبد و الدم , فقد اثبت ان له فعالية في تقليل نمو الورم بشكل كبير من خلال تقليل الاجهاد التأكسدي داخل الورم و تنشيط انزيم Kinase مما يؤدي الى موت الخلايا السرطانية (da Silva *et al.,*2021).



شكل (2) الفوائد الصحية للمركبات الفينولية

تطبيقات المركبات الفينولية في مجال صناعة الأغذية

أصبحت الصناعات الأغذية اكثر تخصصاً و تطوراً لاحتياجات المستهلكين و ذلك لان المستهلك يفضل المنتجات الامنة الخالية من المواد الحافظة الكيميائية لذا اصبح المستهلك يبحث عن منتجات غذائية تحمل علامات واضحة تتضمن عدم وجود المواد الحافظة الصناعية لذلك يمكن استبدال المواد الحافظة الصناعية بمواد حافظة طبيعية يتم الحصول عليها من النباتات و ذلك لان جميع النباتات تحتوي على مضادات الاكسدة التي تحمي بها نفسها من اشعة

الشمس و الآفات(Santos-Sánchez et al.,2017). ان للتركيب الكيميائي للحوم ومنتجاتها تجعلها عرضة للتلف لهذا ظهرت الاهمية لمضادات الاكسدة و مضادات ميكروبية للحفاظ على جودة هذه المنتجات و ان استعمال مضادات الاكسدة الطبيعية التي تحتوي على العديد من المركبات الفعالة وخاصة المركبات الفينولية والفلافونيدات كبدائل بسبب فعاليتها في اقتناص الجذور الحرة فضلا عن الفوائد الصحية الأخرى (Sood *et al.*,2020, Munekata *et al.*,2020). درس Kamal El-Sawah *et al.*(2024) تأثير مسحوق أوراق الزيتون في حفظ اللحوم المفروم المخزنة بالتبريد عند درجة حرارة 4-6مْ خلال (0 و3 و 6 و 9) أيام اذ لاحظوا ان هناك تأثير إيجابي لمسحوق أوراق الزيتون في حفظ الاعداد الكلية للبكتريا الهوائية و الاعداد الكلية للبكتريا القالون و تثبيط بكتريا *Staphylococcus aureus* و*Escherichia coli* .

جدول (2) تطبيقات المركبات الفينولية في مجال صناعة الأغذية بظروف استخلاص مختلفة

النبات	ظروف الاستخلاص	التطبيق	المصدر
بذور العنب	مستخلص ايثانولي	مضادات للاكسدة و مضادات لسرطانات و امراض القلب	Yilmaz and Toledo ,2004
الرمان	مستخلص ايثانولي	مضادات للاكسدة و مضادات لسرطانات	Mertens-Talcott *et al.*,2006
الزنجبيل	مستخلص ايثانولي	مضادات للاكسدة و للسرطانات و مضادات للالتهابات	Shukla and Singh, 2007
الشاي الأخضر	مستخلص مائي	مضاد للسرطان	Khan *et al.*, 2009
الثوم	مستخلص مائي و ميثانولي	مضادات للأكسدة و للسرطانات و مضادات ميكروبية	Majewski,2014
الكركم	مستخلص ايثانولي و اسيتوني	مضادات للأكسدة و للسرطانات و لمرض السكري	Kunnumakkara *et al.*, 2017
الفلفل الاسود	مستخلص مائي	مضاد للميكروبات و مادة حافظة للأغشية الغذائية	Seididamyeh *et al.*,2024

الاستنتاجات

ان المركبات الفينولية لها أهمية كبيرة في مجالات متعدد و خاصة في الطب و صناعة الأغذية و يمكن استخلاص هذه المركبات باستعمال تقنيات متنوعة ويمكن تشخيصها باستعمال أجهزة تحليل متطورة مثل GC/Mas و HPLC. تمتاز المركبات الفينولية بخصائص صحية متعدد منها مضادة للأكسدة و مضادة للالتهابات و مضادة للميكروبات و كذلك تساهم المركبات الفينولية في تعزيز جودة المنتجات الغذائية اذ تلعب دوراً مهماً في الصناعات الغذائية كمضافات طبيعية تحسن من الفوائد الصحية و تطيل مدة صلاحية المنتجات الغذائية .

المصادر العربية

المالكي ,رفل عبد الحسين رسن (2016). دراسة تأثري طرق الاستخلاص على مكونات الزيوت العطرية لبعض بذور العائلة الخيمية باستخدام تقنية GC–MS. رسالة ماجستير ,كلية الزراعة,145ص.

المصادر الإنكليزية

Attasih, M., Pambudi, D. B., & Saad, M. (2024). Determination Of Total Phenolic, Flavonoid Contents, And Antioxidant Activity Evaluation of Ethanolic Extract From Plumeria Alba. Journal of Nutraceuticals and Herbal Medicine, 14-27

Baiano, A., & Del Nobile, M. A. (2016). Antioxidant compounds from vegetable matrices: Biosynthesis, occurrence, and extraction systems. Critical reviews in food science and nutrition, 56(12), 2053-2068.

Balant, S. , Górski, S. , Najda, A. , and Walasek, M .(2018) . Plant extracts containing phenolic compounds and their antioxidant activity. *Agronomy Science*, *73*(4) .

Bendokas, V., Skemiene, K., Trumbeckaite, S., Stanys, V., Passamonti, S., Borutaite, V., & Liobikas, J. (2020). Anthocyanins: From plant pigments to health benefits at mitochondrial level. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *60*(19), 3352-3365.

Berard, N. C., Wang, Y., Wittenberg, K. M., Krause, D. O., Coulman, B. E., McAllister, T. A., & Ominski, K. H. (2011). Condensed tannin concentrations found in vegetative and mature forage legumes grown in western Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, *91*(4), 669-675.

Bouarab Chibane, L. , Degraeve, P. , Ferhout, H. , Bouajila, J. , and Oulahal, N. (2019). Plant antimicrobial polyphenols as potential natural food preservatives *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *99*(4), 1457-1474.

Castillejo, N., & Martínez-Zamora, L. (2024). Bioactive Compounds from Fruit and Vegetable Waste: Extraction and Possible Utilization. *Foods*, *13*(5), 775.

Cheng, J., Zhu, M., & Liu, X. (2020). Insight into the conformational and functional properties of myofibrillar protein modified by mulberry polyphenols. *Food Chemistry*, *308*, 125592.

Domínguez, R., Gullón, P., Pateiro, M., Munekata, P. E., Zhang, W., & Lorenzo, J. M. (2020). Tomato as potential source of natural additives for meat industry. A review. *Antioxidants*, *9*(1), 73.

Figueroa-Espinoza, M. C., Zafimahova, A., Alvarado, P. G. M., Dubreucq, E., & Poncet-Legrand, C. (2015). Grape seed and apple tannins: Emulsifying and antioxidant properties. *Food chemistry*, *178*, 38-44.

Franchina, F. A ., Zanella, D. , Dubois, L. M. , and Focant, J. F. (2021). The role of sample preparation in multidimensional gas chromatographic separations for non-targeted analysis with the focus on recent biomedical, food, and plant applications. *Journal of Separation Science*, *44*(1), 188-210.

Gómez-García, R., Campos, D. A., Aguilar, C. N., Madureira, A. R., & Pintado, M. (2021). Valorisation of food agro-industrial by-products: From the past to the present and perspectives. *Journal of Environmental Management*, *299*, 113571.

György, É. , Laslo, É. , and Csató, E. (2020). Antibacterial activity of plant extracts against isolated from ready-to-eat salads *Acta Universitatis Sapientiae, Alimentaria, 13(1)*, 131-143.

Hejna, M., Kovanda, L., Rossi, L., & Liu, Y. (2021). Mint oils: In vitro ability to perform anti-inflammatory, antioxidant, and antimicrobial activities and to enhance intestinal barrier integrity. Antioxidants, 10(7), 1004.

Ingle, K. P., Deshmukh, A. G., Padole, D. A., Dudhare, M. S., Moharil, M. P., & Khelurkar, V. C. (2017). Phytochemicals: Extraction methods, identification and detection of bioactive compounds from plant extracts. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *6*(1), 32-36.

Jafri, S. A. A., Khalid, Z. M., Khan, M. Z., & Jogezai, N. (2022). Evaluation of phytochemical and antioxidant potential of various extracts from traditionally used medicinal plants of Pakistan. *Open Chemistry*, *20*(1), 1337-1356.

Jin, L., Wang, Y., Iwaasa, A. D., Xu, Z., Schellenberg, M. P., Zhang, Y. G., ... & McAllister, T. A. (2012). Effect of condensed tannins on ruminal degradability of purple prairie clover (Dalea purpurea Vent.) harvested at two growth stages. *Animal Feed Science and Technology*, *176*(1-4), 17-25.

Kamal El-Sawah, T., Mohamed El-Shahawy, R., Ibrahim Nageeb, A., & Mohamed Atalla, K. (2024). Antimicrobial activity of olive leaves extracts and application of leaves powder in meat preservation. *Fayoum Journal of Agricultural Research and Development*, *38*(1), 45-55.

Kelly, E., Vyas, P., & Weber, J. T. (2017). Biochemical properties and neuroprotective effects of compounds in various species of berries. *Molecules*, *23*(1), 26.

Khanbabaee, K., & Van Ree, T. (2001). Tannins: classification and definition. *Natural product reports*, *18*(6), 641-649.

Kozłowska, M., Ścibisz, I., Przybył, J. L., Laudy, A. E., Majewska, E., Tarnowska, K., Małajowicz, J., & Ziarno, M. (2022). Antioxidant and antibacterial activity of extracts from selected plant material. *Applied Sciences*, *12*(19), 9871.

Kyamuhangire, W., Krekling, T., Reed, E., & Pehrson, R. (2006). The microstructure and tannin content of banana fruit and their likely influence on juice extraction. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *86*(12), 1908-1915.

Lall, R. K., Syed, D. N., Adhami, V. M., Khan, M. I., & Mukhtar, H. (2015). Dietary polyphenols in prevention and treatment of prostate cancer. *International journal of molecular sciences*, *16*(2), 3350-3376.

Li, Y., Iwaasa, A. D., Wang, Y., Jin, L., Han, G., & Zhao, M. (2014). Condensed tannins concentration of selected prairie legume forages as affected by phenological stages during two consecutive growth seasons in western Canada. *Canadian journal of plant science*, *94*(5), 817-826.

McSweeney, C. S., Palmer, B., McNeill, D. M., & Krause, D. O. (2001). Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. *Animal feed science and technology*, *91*(1-2), 83-93.

Mogana, R. , Adhikari, A. , Tzar, M. N. , Ramliza, R. , and Wiart, C. J .B. C. M. (2020). Antibacterial activities of the extracts, fractions and isolated compounds from

Canarium patentinervium Miq against bacterial clinical isolates *BMC complementary medicine and therapies*, *20*, 1-11

Munekata, P. E. S., Rocchetti, G., Pateiro, M., Lucini, L., Domínguez, R., & Lorenzo, J. M. (2020). Addition of plant extracts to meat and meat products to extend shelf-life and health-promoting attributes: An overview. *Current Opinion in Food Science*, *31*, 81-87.

Nwozo, O. S., Effiong, E. M., Aja, P. M., & Awuchi, C. G. (2023). Antioxidant, phytochemical, and therapeutic properties of medicinal plants: A review. *International Journal of Food Properties*, *26*(1), 359-388.

Pateiro, M., Domínguez, R., Putnik, P., Kovačević, D. B., Barba, F. J., Munekata, P. S., Fierro, E. M., & Lorenzo, J. M. (2020). Herbal product development and characteristics. In *Herbal Product Development* (pp. 205-240). Apple Academic Press.

Pei, Z., Huang, Y., Ni, J., Liu, Y., & Yang, Q. (2024). For a colorful life: Recent advances in anthocyanin biosynthesis during leaf senescence. *Biology*, *13*(5), 329.

Prakash, V. (2023). GC-MS (Gas chromatography and mass spectroscopy) analysis of methanol leaf extract of Rhododendron arboreum Sm of District Sirmaur, Himachal Pradesh .*Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, *13*(1), 123-126 .

Pudžiuvelytė, L. , Liaudanskas, M. , Jekabsone, A. , Sadauskienė, I. , and Bernatonienė, J. (2020). Elsholtzia ciliata (Thunb) Hyl Extracts from Di erent Plant Parts: Phenolic Composition, Antioxidant, and Anti-Inflammatory Activities .*Molecules Basel: MDPI, 2020, vol 25, no 5* .

Rahaman, M. M., Hossain, R., Herrera-Bravo, J., Islam, M. T., Atolani, O., Adeyemi, O. S., ... & Sharifi-Rad, J. (2023). Natural antioxidants from some fruits, seeds, foods, natural products, and associated health benefits: An update. *Food Science & Nutrition*, *11*(4), 1657-1670.

Santos-Sánchez, N. F., Salas-Coronado, R., Valadez-Blanco, R., Hernández-Carlos, B., & Guadarrama-Mendoza, P. C. (2017). Natural antioxidant extracts as food preservatives. Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria, 16(4), 361-370.

Sasikumar, J. M. , Erba, O. , and Egigu, M. C .(2020) . In vitro antioxidant activity and polyphenolic content of commonly used spices from Ethiopia .*Heliyon*, *6*(9).

Seididamyeh, M., Mantilla, S. M. O., Netzel, M. E., Mereddy, R., & Sultanbawa, Y. (2024). Gum Arabic edible coating embedded aqueous plant extracts: Interactive effects of partaking components and its effectiveness on cold storage of fresh-cut capsicum. *Food Control*, *159*, 110267.

Silva, A. S ., Duarte, E. A. , Oliveira, T .A .D. , and Evangelista-Barreto, N. S .(2020). Identification of *Listeria monocytogenes* in cattle meat using biochemical methods and amplification of the hemolysin gene *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, *92*

Sood, V., Tian, W., Narvaez-Bravo, C., Arntfield, S. D., & González, A. R. (2020). Plant extracts effectiveness to extend bison meat shelf life. *Journal of food science*, *85*(4), 936-946.

Squillaro, T., Cimini, A., Peluso, G., Giordano, A., & Melone, M. A. B. (2018). Nano-delivery systems for encapsulation of dietary polyphenols: An experimental approach for neurodegenerative diseases and brain tumors. *Biochemical pharmacology*, *154*,

303-317.

Thamer, F. H. , and Thamer, N .(2023) Gas chromatography–Mass spectrometry (GC-MS) profiling reveals newly described bioactive compounds in Citrullus colocynthis (L) seeds oil extracts *Heliyon*

Tong, Z., He, W., Fan, X., & Guo, A. (2022). Biological function of plant tannin and its application in animal health. *Frontiers in veterinary science*, *8*, 803657.

Xu, D. P., Li, Y., Meng, X., Zhou, T., Zhou, Y., Zheng, J., ... & Li, H. B. (2017). Natural antioxidants in foods and medicinal plants: Extraction, assessment and resources. *International journal of molecular sciences*, *18*(1), 96.

Yeshi, K., Crayn, D., Ritmejerytė, E., & Wangchuk, P. (2022). Plant secondary metabolites produced in response to abiotic stresses has potential application in pharmaceutical product development. *Molecules*, *27*(1), 313.

Zhang, Y. , Cai, P. , Cheng, G. , and Zhang, Y .(2022) .A brief review of phenolic compounds identified from plants: Their extraction, analysis, and biological activity .*Natural Product Communications*, *17*(1), 1934578X211069721 .